

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



553 879

(43) Date de la publication internationale  
4 novembre 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
WO 2004/095735 A2

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04B 10/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/000970

(22) Date de dépôt international : 20 avril 2004 (20.04.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
03/04928 22 avril 2003 (22.04.2003) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
FRANCE TELECOM [FR/FR]; 6 Place d'Alleray,  
F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : PINCEMIN,  
Erwan [FR/FR]; Kernevez, F-22290 Gommenec'h (FR).

(74) Mandataire : DE LA Bigne, Guillaume; Cabinet LHermet la Bigne & Remy, 191, rue Saint-Honoré, F-75001 Paris (FR).

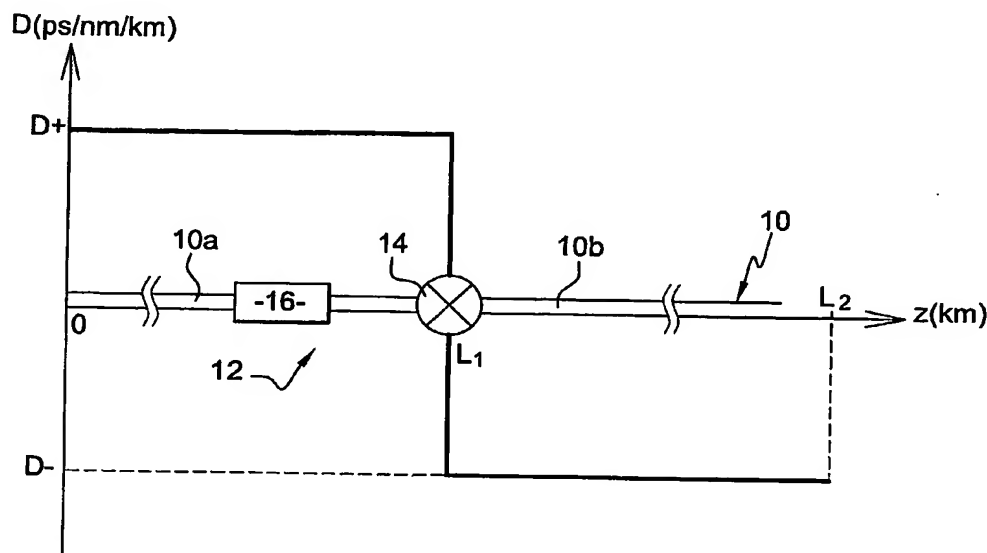
(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL PULSE REGENERATION DEVICE, INSTALLATION COMPRISING ONE SUCH DEVICE AND USE OF SAME

(54) Titre : DISPOSITIF DE REGENRATION OPTIQUE D'IMPULSIONS, INSTALLATION COMPRENANT UN TEL DISPOSITIF ET UTILISATION DE CE DISPOSITIF



(57) Abstract: The invention relates to an optical pulse regeneration device comprising time synchronisation means (14) and means (14) for stabilising intensity fluctuations in said pulses. The inventive device also comprises noise suppression means (16) which are different from the aforementioned synchronisation means (14) and stabilisation means (14).

[Suite sur la page suivante]

WO 2004/095735 A2



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

**(57) Abrégé :** Ce dispositif de regeneration optique d'impulsions comporte des moyens (14) de synchronisation temporelle et des moyens (14) de stabilisation de fluctuations d'intensite de ces impulsions. En outre, it comporte des moyens (16) de suppression de bruit, distincts des moyens de synchronisation (14) et des moyens de stabilisation (14).

Dispositif de régénération optique d'impulsions, installation comprenant un tel dispositif et utilisation de ce dispositif

La présente invention concerne un dispositif de régénération optique d'impulsions. L'invention concerne également une installation de transmission optique comprenant un tel dispositif et l'utilisation de ce dispositif pour la régénération d'impulsions solitons DM.

5 Plus précisément, l'invention concerne un dispositif de régénération optique d'impulsions du type comportant des moyens de synchronisation temporelle et des moyens de stabilisation de fluctuation d'intensité de ces impulsions.

On connaît des dispositifs de régénération optique d'impulsions, efficaces notamment pour régénérer des impulsions de type solitons. Ces dispositifs mettent en  
10 œuvre une régénération optique 3R (pour Re-amplification, Remise en forme, Re-synchronisation, de l'anglais "Re-amplification, Re-shaping, Re-timing").

Les impulsions de type solitons ont la propriété de se propager sans déformation en milieu non linéaire, puisque ces impulsions particulières sont solution de l'équation de Schrödinger non linéaire. L'accumulation du bruit d'émission spontanée  
15 amplifiée vient cependant perturber la propagation de ces impulsions en générant des fluctuations d'intensité et une gigue temporelle (dite de Gordon-Haus), d'où la nécessité de les régénérer optiquement.

De plus, pour que l'impulsion soliton se propage sans déformation et bénéficie d'une régénération optique idéale, les impulsions émises ne doivent pas être trop  
20 rapprochées, ce qui impose des largeurs temporelles étroites des impulsions solitons et donc un spectre large. Ceci pose problème lorsque l'on s'intéresse à des applications de transmission optique de type WDM ultra dense (pour Multiplexage par division de longueur d'onde, de l'anglais "Wavelength Division Multiplexing"), notamment à des débits dépassants 40 Gbit/s et sur de longues distances de type transocéaniques.

25 Une solution intéressante pour ce type d'application est l'utilisation d'impulsions de type solitons DM (de l'anglais "Dispersion-Managed") qui offrent des avantages significatifs par rapport aux impulsions solitons classiques pour des systèmes de transmission à haute capacité. Par contre, le soliton DM répond beaucoup moins bien que le soliton classique à la régénération 3R.

30 Pour une impulsion de type soliton DM, un dispositif de régénération optique connu est décrit, notamment dans le document intitulé "Stability of synchronous intensity modulation control of 40 Gbit/s dispersion-managed soliton transmissions", de Erwan

Pincemin, Olivier Audouin, Bruno Dany et Stefan Wabnitz, extrait du Journal of Lightwave Technology, volume 19, n°5, Mai 2001. La solution préconisée dans ce document consiste à utiliser un modulateur synchrone d'intensité, disposé à un endroit judicieux de la fibre optique de transmission des impulsions solitons DM. Mais pour être efficace, ce  
5 dispositif doit également supprimer le bruit, notamment le bruit d'émission spontanée amplifiée. Pour cela le modulateur synchrone d'intensité doit avoir un taux d'extinction suffisant, par exemple de 10 dB, ce qui contraint à utiliser des solitons DM courts et présentant un spectre large. En effet, le modulateur synchrone d'intensité ne doit pas avoir d'impact négatif sur la largeur temporelle de l'impulsion soliton DM.

10 L'invention vise à remédier aux inconvénients précités en fournissant un dispositif de régénération optique d'impulsions, notamment d'impulsions solitons DM, capable de régénérer optiquement de telles impulsions, tout en permettant de les utiliser pour des transmissions à très haut débit de type WDM ultra dense.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de régénération optique  
15 d'impulsions, comportant des moyens de synchronisation temporelle et des moyens de stabilisation de fluctuations d'intensité de ces impulsions, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de suppression de bruit, distincts des moyens de synchronisation et des moyens de stabilisation.

Ainsi, les moyens de suppression de bruit étant distincts des moyens de  
20 synchronisation et des moyens de stabilisation, il n'est pas nécessaire d'utiliser ces derniers pour éliminer des bruits tels que le bruit d'émission spontanée amplifiée. Notamment, dans ce cas, une modulation synchrone d'intensité légère suffit pour synchroniser le signal et stabiliser les fluctuations d'intensité, le bruit étant éliminé séparément.

25 Un dispositif de régénération type selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les moyens de synchronisation temporelle et les moyens de stabilisation de fluctuations d'intensité comportent un modulateur synchrone d'intensité,
- les moyens de suppression de bruit comportent un absorbant saturable (16),  
30 pour la suppression de bruit d'émission spontanée amplifiée.

L'invention a également pour objet une installation de transmission optique d'impulsions comportant des moyens de propagation de signaux optiques, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de régénération optique, inséré dans les moyens de propagation.

35 Une installation de transmission optique selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les moyens de propagation comportent des premiers moyens de propagation à dispersion anormale et des seconds moyens de propagation à dispersion normale, les moyens de synchronisation temporelle et les moyens de stabilisation de fluctuation d'intensité étant insérés au voisinage de la jonction entre les premiers et seconds moyens de propagation,

- les moyens de suppression de bruit sont situés en amont des moyens de synchronisation et des moyens de stabilisation, dans le sens de propagation des impulsions.

Enfin, l'invention concerne également une utilisation d'un dispositif tel que décrit précédemment, pour la régénération d'impulsions solitons DM.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement la structure générale d'une installation de transmission optique d'impulsions comportant un dispositif selon l'invention ; et

- les figures 2 et 3 illustrent, à l'aide de diagrammes, l'effet d'un dispositif de régénération optique selon l'invention sur des impulsions optiques se propageant dans l'installation de la figure 1.

L'installation de transmission optique représentée sur la figure 1 comporte une fibre de ligne 10 pour la transmission optique d'impulsions de type solitons DM. Ces impulsions sont utilisées pour des applications de transmission optique à très haut débit, par exemple des transmissions à 40 Gbit/s ou davantage.

La fibre de ligne 10 comporte une première portion de fibre 10a à dispersion anormale, dont le coefficient de dispersion  $D_+$  est par exemple égal à 2 ps/nm/km. Cette première portion de fibre à dispersion anormale 10a est prolongée par une seconde portion de fibre 10b à dispersion normale, dont le coefficient de dispersion  $D_-$  est égal à -2ps/nm/km. La première portion de fibre 10a a par exemple une longueur  $L_1 = 20,5$  km, pour une longueur totale de fibre de ligne 10 égale à  $L_2 = 40$  km.

Le schéma de la figure 1 peut être reproduit périodiquement, pour fournir une fibre de ligne de longueur nettement supérieure, notamment pour obtenir des fibres de ligne permettant des transmissions transocéaniques.

A la jonction entre la première et la deuxième portions de fibres 10a et 10b, on a installé un modulateur synchrone d'intensité 14 de type classique, ayant pour effet une synchronisation temporelle des impulsions le traversant et une stabilisation des fluctuations d'intensité de ces impulsions. Plus précisément, l'effet de ce modulateur

synchrone d'intensité 14 sur les impulsions se propageant dans la fibre de ligne 10 sera décrit en référence à la figure 2.

Le dispositif 12 de régénération optique comporte en outre des moyens de suppression de bruit 16, distincts du modulateur synchrone d'intensité 14, pour la suppression de bruit d'émission spontanée amplifiée. Ces moyens de suppression de bruit sont matérialisés par un absorbant saturable 16. De façon plus précise, l'effet de cet absorbant saturable 16 sera décrit en référence à la figure 3.

Dans un mode de réalisation préféré, cet absorbant saturable 16 est disposé en amont du modulateur synchrone d'intensité 14, dans la fibre de ligne 10, par rapport au sens de propagation des impulsions solitons DM. En effet, si dans le cas idéal l'absorbant saturable 16 peut être disposé indifféremment avant ou après le modulateur synchrone d'intensité 14, en réalité, lorsque l'absorbant n'a pas une réponse parfaite, il est plus avantageux de disposer cet absorbant saturable en amont du modulateur synchrone d'intensité, pour que ce dernier puisse corriger les imperfections de la réponse de l'absorbant saturable.

Comme cela est représenté sur la figure 2, le modulateur synchrone d'intensité 14 réalise une légère modulation d'impulsions  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  par des signaux modulant synchronisés, permettant de corriger des écarts de synchronisation respectifs  $E_1$ ,  $E_2$  et  $E_3$  de ces impulsions, sans tenter d'éliminer le bruit.

Enfin, comme représenté sur la figure 3, l'absorbant saturable supprime des signaux, tels qu'un signal  $S_1$ , dont l'intensité maximale est inférieure à une intensité seuil  $I_s$  et laisse passer des signaux  $S_2$  et  $S_3$ , dont l'intensité maximale dépasse l'intensité seuil  $I_s$ . Il réajuste aussi ces signaux  $S_2$  et  $S_3$ . L'intensité seuil  $I_s$  est choisie, de telle sorte que les signaux éliminés, tels que le signal  $S_1$ , soient des signaux provenant de bruit d'émission spontanée amplifiée.

Il apparaît clairement qu'un dispositif de régénération type selon l'invention, permet la régénération correcte d'impulsions solitons DM, dans des installations de transmission optique à très haut débit, notamment du type WDM ultra dense.

REVENDICATIONS

1. Dispositif (12) de régénération optique d'impulsions, comportant des moyens (14) de synchronisation temporelle et des moyens (14) de stabilisation de fluctuations d'intensité de ces impulsions, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (16) de suppression de bruit, distincts des moyens de synchronisation (14) et des moyens de stabilisation (14).

2. Dispositif de régénération optique (12) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de synchronisation temporelle et les moyens de stabilisation de fluctuations d'intensité comportent un modulateur synchrone d'intensité (14).

3. Dispositif de régénération optique (12) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens de suppression de bruit comportent un absorbant saturable (16), pour la suppression de bruit d'émission spontanée amplifiée.

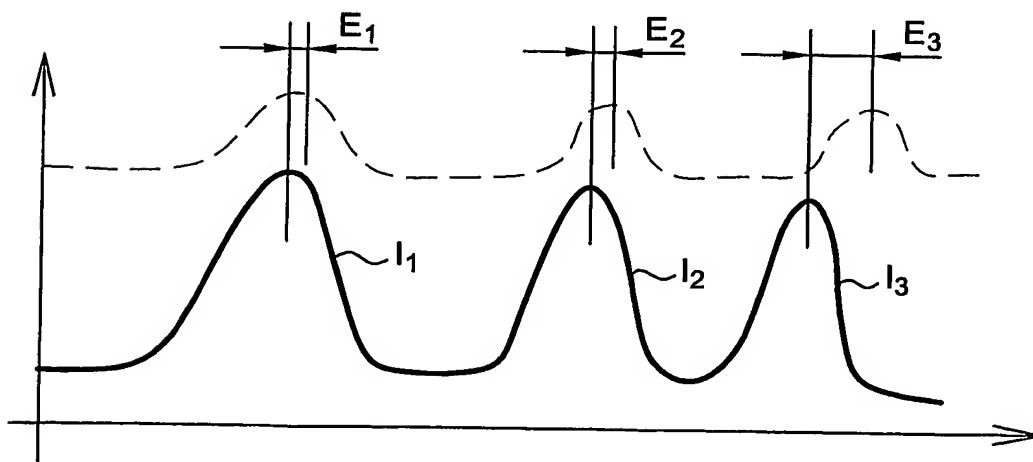
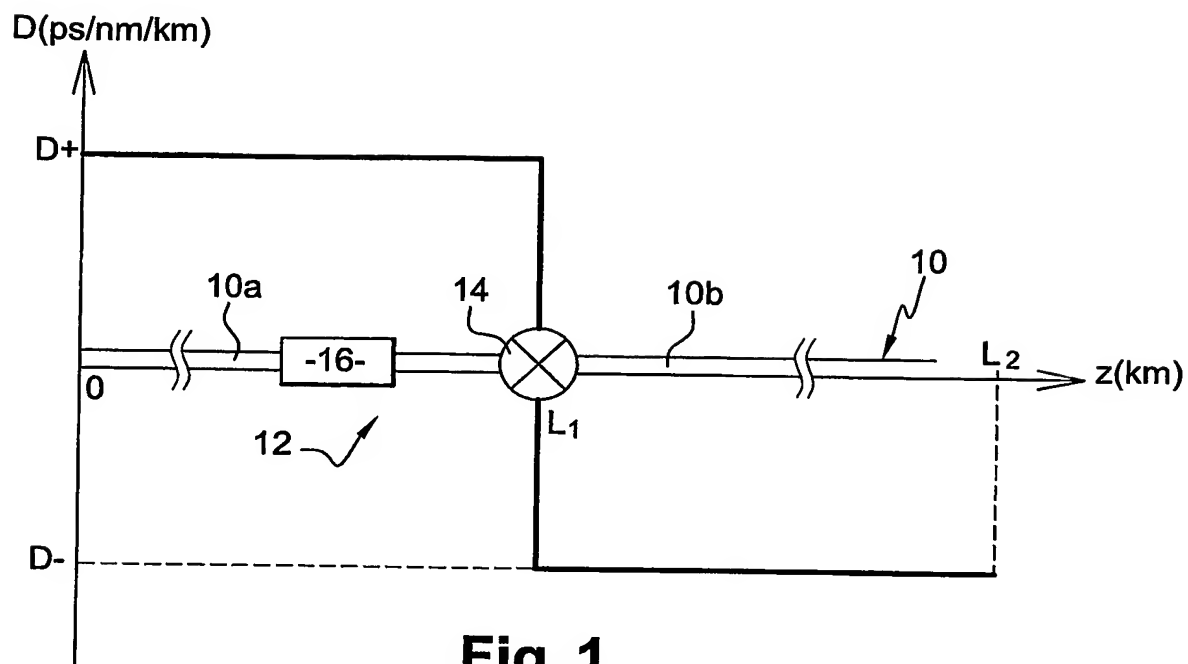
4. Installation de transmission optique d'impulsions comportant des moyens (10) de propagation de signaux optiques, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de régénération optique (12) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, inséré dans les moyens de propagation.

5. Installation de transmission optique selon la revendication 4, caractérisée en ce que les moyens de propagation (10) comportent des premiers moyens de propagation (10a) à dispersion anormale et des seconds moyens de propagation (10b) à dispersion normale, les moyens de synchronisation temporelle (14) et les moyens de stabilisation de fluctuation d'intensité (14) étant insérés au voisinage de la jonction entre les premiers et seconds moyens de propagation.

6. Installation de transmission optique selon la revendication 4 ou 5, caractérisée en ce que les moyens de suppression de bruit (16) sont situés en amont des moyens de synchronisation et des moyens de stabilisation, dans le sens de propagation des impulsions.

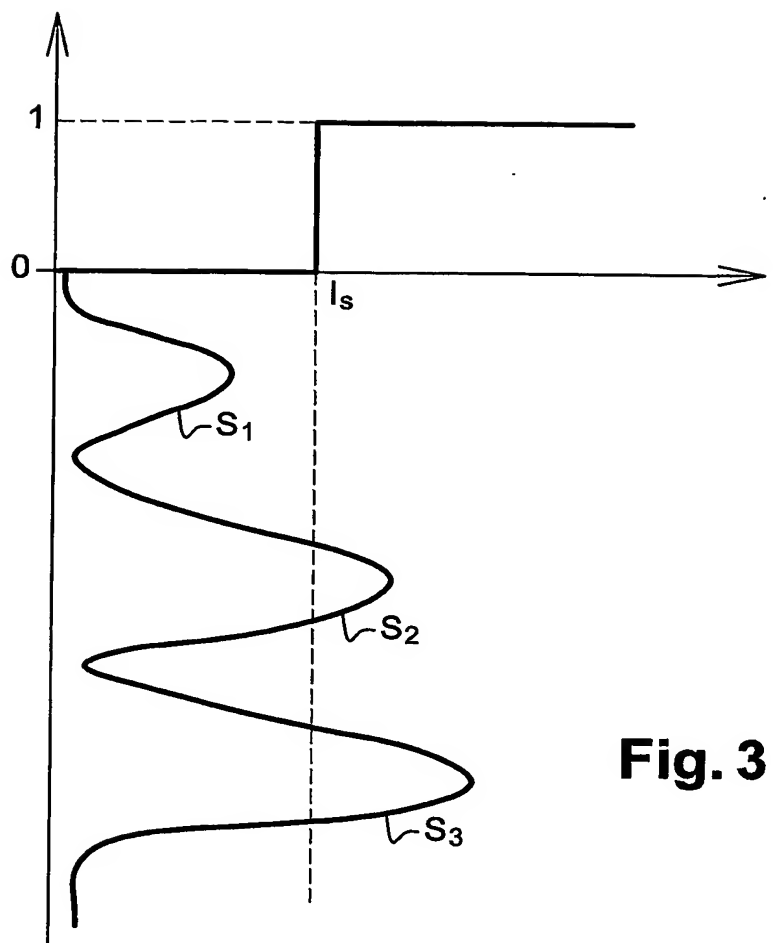
7. Utilisation d'un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, pour la régénération d'impulsions solitons DM.

1 / 2





2 / 2

**Fig. 3**